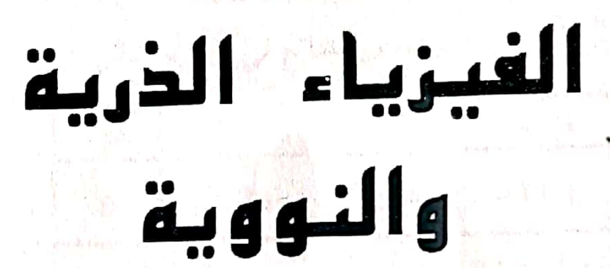

الفيزياء الذرية
والنووية



التمرين الأول

نعطي : $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ S.I. ، $c = 3 \cdot 10^{8}\ m.s^{-1}$ ، $1\ eV = 1,6 \cdot 10^{-19}\ J$

تعبر العلاقة $E_n = -\frac{13,6}{n^2}\ (eV)$ عن مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين حيث n عدد صحيح وموجب.

1) احسب بالالكترون فولط (eV) ، قيم الطاقات الموافقة للمستويات : n = 1 و n = 2 و n = 3 و n = ∞.

2) باعتمادك هذه القيم مثل مخططا مبسطا لمستويات الطاقة لذرة الهيدروجين.

3) احسب طاقة الفوتون المنبعث عند انتقال ذرة الهيدروجين من المستوى (n = 2) الى المستوى (n = 1).
استنتج تردد وطول موجة هذا الفوتون.

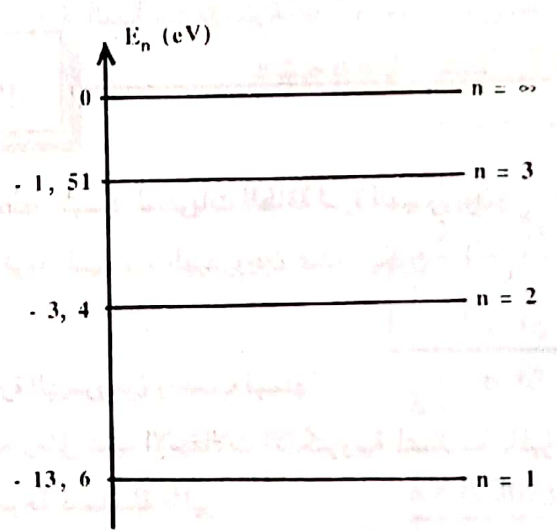
4) أوجد طول موجة الفوتون الذي تمتصه ذرة الهيدروجين لتنتقل من المستوى الأساسي الى المستوى (n = 2) .

الحل

1) نطبق العلاقة $E_n = -\frac{13,6}{n^2}\ (eV)$ ونلخص النتائج في الجدول التالي :

n	1	2	3	∞
E_n (eV)	- 13, 6	- 3, 4	- 1, 51	0

2) المخطط المبسط لمستويات الطاقة لذرة الهيدروجين :



3) عند انتقال ذرة الهيدروجين من المستوى (n = 2) الى المستوى (n = 1) ينبعث فوتون طاقته :

$$E = E_2 - E_1$$
$$E = -3,4 - (-13,6)$$
$$E = 10,2\ eV$$

تعبير طاقة الفوتون بدلالة تردده ν هو :

$$E = h\,\nu$$

ومنه :

$$\boxed{\nu = \frac{E}{h}}$$

ت.ع :

$$\nu = \frac{10,2 \times 1,6 \,.\, 10^{-19}}{6,62 \,.\, 10^{-34}}$$

$$\underline{\nu = 2,46 \,.\, 10^{15}\ Hz}$$

طول موجة الفوتون هو :

$$\boxed{\lambda = \frac{c}{\nu}}$$

$$\lambda = \frac{3 \,.\, 10^{8}}{2,46 \times 10^{15}} = 1,22 \,.\, 10^{-7}\ m$$

أو :

$$\underline{\lambda = 0,122\ \mu m}$$

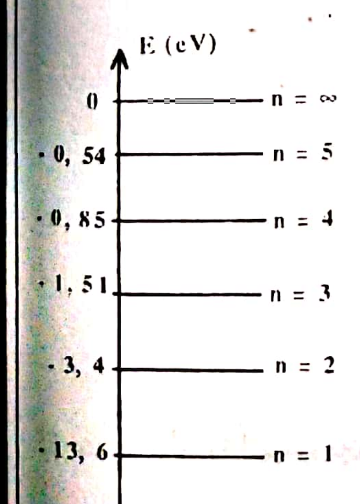
ملحوظة : ينتمي الإشعاع المنبعث الى المجال فوق البنفسجي (U.V.) لأن $\lambda < 0,4\ \mu m$

4) تمتص الذرة فقط الفوتونات التي يمكن أن تبعثها.

فالفوتون الذي تمتصه ذرة الهيدروجين لكي تنتقل من المستوى الأساسي $(n = 1)$ الى المستوى $(n = 2)$ هو نفس الفوتون الذي تبعثه عند انتقالها من المستوى $(n = 2)$ الى المستوى $(n = 1)$ وطول موجته هو :

$$\underline{\lambda = 0,122\ \mu m}$$

التمرين الثاني



يمثل الشكل جانبه المخطط المبسط لمستويات الطاقة لذرة الهيدروجين.

1) ماهي الحالة التي توجد فيها ذرة الهيدروجين عندما يكون : $n = 1$ و $n = \infty$ ؟

2) عرف طاقة تأين ذرة الهيدروجين واحسب قيمتها.

3) انقل المخطط جانبه ومثل عليه الإنتقالات الالكترونية لمتسلسلة بالمير.

4) حدد أصغر طول موجة لمتسلسلة بالمير.

نعطي : $c = 3 \,.\, 10^{8}\ m \,.\, s^{-1}$ ، $h = 6,62 \,.\, 10^{-34}\ J.s$

$1\ eV = 1,6 \,.\, 10^{-19}\ J$

الحـــل

1) بالنسبة لـ $(n = 1)$ توجد ذرة الهيدروجين في حالتها الأساسية وهي الحالة الأكثر استقرارا لأن طاقة الذرة دنوية.

بالنسبة لـ $(n = \infty)$ توجد ذرة الهيدروجين في حالة التأين لأن طاقتها منعدمة.

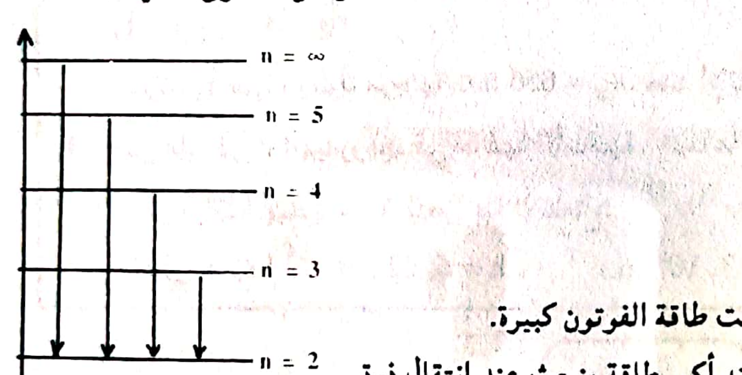
2) طاقة التأين E_i لذرة الهيدروجين هي الطاقة الدنوية اللازمة لانتزاع إلكترون الذرة في حالتها الأساسية، وهي توافق انتقال الإلكترون من المستوى $(n = 1)$ الى مستوى التأين $(n = \infty)$.

$$E_i = E_\infty - E_1$$

$$E_i = 0 - (-13,6)$$

$$\underline{E_i = 13,6\ eV}$$

3) تتضمن متسلسلة بالمير الإشعاعات التي تبعثها ذرة الهيدروجين عندما تنتقل من مستوى n حيث $n > 2$ الى المستوى $(n = 2)$. (انظر الشكل جانبه)



4) حسب تعبير طاقة الفوتون :

$$E = h\frac{c}{\lambda}$$

كلما كان طول الموجة للإشعاع صغيراً كلما كانت طاقة الفوتون كبيرة.

الإشعاع في متسلسلة بالمير الذي تحمل فوتوناته أكبر طاقة ينبعث عند انتقال ذرة الهيدروجين من المستوى $n = \infty$ الى المستوى $n = 2$ حيث :

$$E = E_\infty - E_2$$

أو :

$$h\frac{c}{\lambda} = E_\infty - E_2$$

ومنه :

$$\boxed{\lambda = \frac{h\,c}{E_\infty - E_2}}$$

ت.ع :

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^{8}}{[0 - (-3,4)] \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\underline{\lambda = 0,365\ \mu m}$$

ينتمي هذا الإشعاع الى مجال فوق البنفسجي (U.V.) لأن $\lambda < 0,4\ \mu m$.

التمرين الثالث

تعبر العلاقة $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ عن مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين حيث $n \in N^*$ و $E_0 = 13,6\ eV$.

تنتج الإشعاعات المنبعثة من مصباح الهيدروجين عند مرور ذرات الهيدروجين من مستوى طاقي E_n الى مستوى طاقي E_p حيث $E_n > E_p$.

1) أوجد العلاقة التي تمكن من حساب طول الموجة λ للإشعاع المنبعث بدلالة p ، n E_0 ، h و c.

2) استنتج العلاقة التي تمكن من حساب أطوال الموجة لمتسلسلة ليمان ثم احسب أصغر وأكبر طول موجة لهذه المتسلسلة.

3) في المجال المرئي يتكون طيف الإنبعاث لذرة الهيدروجين أساسا من أربع حزات نرمز لها بالتتابع بـ : H_α، H_β ، H_γ و H_δ.

الحزة H_α حمراء وطول موجتها $\lambda_\alpha = 656\ nm$. حدد الإنتقال الموافق لهذه الحزة.

4) نرسل على ذرات الهيدروجين في حالتها الأساسية، إشعاعا طاقة الفوتونات المرتبطة به هي $E = 9{,}4\ eV$.

بين أن ذرات الهيدروجين لا تمتص هذا الإشعاع.

نعطي : $h = 6,62 \cdot 10^{-34}\ J.s$ ، $c = 3 \cdot 10^{8}\ m.s^{-1}$ و $1\ eV = 1,6 \cdot 10^{-19}\ J$

الحل

1) طاقة الفوتون المنبعث عند مرور ذرة الهيدروجين من المستوى الطاقي E_n الى المستوى الطاقي E_p هي :

$$E = E_n - E_p$$

$$E = -\frac{E_0}{n^2} - \left(-\frac{E_0}{p^2}\right)$$

$$E = E_0\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

لدينا :

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

إذن :

$$\frac{hc}{\lambda} = E_0\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

ومنه :

$$\boxed{\frac{1}{\lambda} = \frac{E_0}{hc}\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)}$$

2) توافق متسلسلة ليمان انتقال الذرة من مستوى مثار (n) الى الحالة الأساسية $(p = 1)$.

تصبح العلاقة هي : $\frac{1}{\lambda} = \frac{E_0}{hc}\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$

توافق أصغر قيمة لطول الموجة أكبر قيمة للعدد n التي هي $n = \infty$.

نحصل على : $$\boxed{\lambda_{min} = \frac{hc}{E_0}}$$

ت.ع : $$\lambda_{min} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^{8}}{13,6 \times 1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\underline{\lambda_{min} = 91,3 \text{ nm}} \quad (1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m})$$

توافق أكبر قيمة لطول الموجة أصغر قيمة للعدد n التي هي $n = 2$.

نحصل على : $$\boxed{\lambda_{max} = \frac{hc}{E_0\left(1 - \frac{1}{4}\right)}}$$

ت.ع. نجد : $\underline{\lambda_{max} = 121,7 \text{ nm}}$

ملحوظة : بالنسبة لمتسلسلة ليمان لدينا $91,3 \text{ nm} \le \lambda \le 121,7 \text{ nm}$.

جميع الإشعاعات لمتسلسلة ليمان تنتمي الى المجال فوق البنفسجي (U.V.) لأن $\lambda < 400 \text{ nm}$

3) بالنسبة للحزة H_α نكتب :

$$\frac{1}{\lambda_\alpha} = \frac{E_0}{h \cdot c}\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

ومنه : $$\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} = \frac{hc}{E_0 \lambda_\alpha}$$

$$\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^{8}}{13,6 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 656 \cdot 10^{-9}}$$

$$\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} = 0,139$$

أو : $$\boxed{\frac{1}{n^2} = \frac{1}{p^2} - 0,139}$$

ت.ع : حالة $p = 1$ ، نجد :

$$\frac{1}{n^2} = 0,861$$

$$n = 1,08$$

هذا الحل غير مقبول لأن $n \notin \mathbb{N}^*$.

* حالة $p = 2$ ، نجد :

$$\frac{1}{n^2} = 0,111$$

$$\underline{n = 3}$$

وهذا الحل مقبول لأن $n \in N^*$.

فيكون الإنتقال الموافق لهذه الحزة من المستوى $n = 3$ الى المستوى $p = 2$

4) في حالة امتصاص ذرة هيدروجين، توجد في حالتها الأساسية E_1 ، لفوتون طاقته E ، فإنها تنتقل الى مستوى طاقي E_n حيث $E_n > E_1$ ، إذن :

$$E = E_n - E_1$$

ومنه

$$E_n = E + E_1$$

$$-\frac{E_0}{n^2} = E - E_0$$

أي :

$$n^2 = \frac{E_0}{E_0 - E}$$

$$\boxed{n = \sqrt{\frac{E_0}{E_0 - E}}}$$

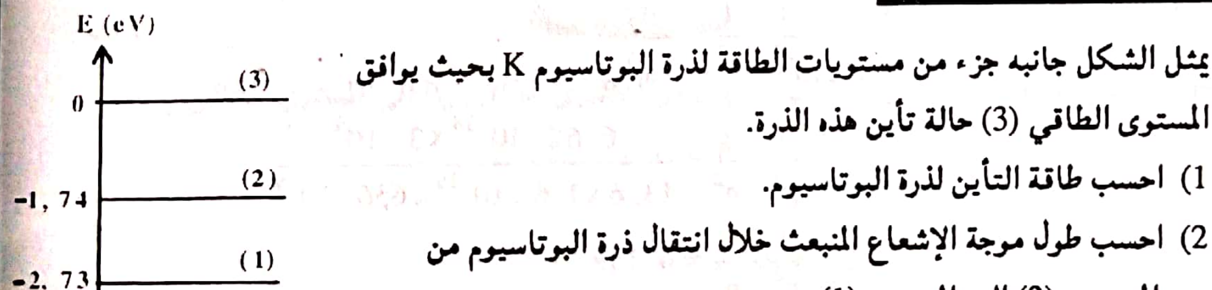
ت.ع :

$$n = \sqrt{\frac{13,6}{13,6 - 9,4}}$$

$$\underline{n = 1,8}$$

n عدد غير صحيح، إذن لا تمتص ذرات الهيدروجين هذا الإشعاع.

التمرين الرابع



يمثل الشكل جانبه جزء من مستويات الطاقة لذرة البوتاسيوم K بحيث يوافق المستوى الطاقي (3) حالة تأين هذه الذرة.

1) احسب طاقة التأين لذرة البوتاسيوم.

2) احسب طول موجة الإشعاع المنبعث خلال انتقال ذرة البوتاسيوم من المستوى (2) الى المستوى (1).

3) يرد على ذرات البوتاسيوم في حالتها الأساسية إشعاع طول موجته $\lambda = 0,22\ \mu m$.

3.1 - بين أن ورود هذا الإشعاع ينتج عنه تأين ذرات البوتاسيوم.

3.2 - ماذا يمثل الفرق بين طاقة الفوتون الذي يرد على ذرة واحدة من البوتاسيوم وطاقة التأين لهذه الذرة ؟

نعطي : $1\ eV = 1,6 . 10^{-19}\ J$ $\quad h = 6,62 . 10^{-34}\ J.s$ $\quad c = 3 . 10^{8}\ m . s^{-1}$

الحـــل

1) طاقة التأين E_i هي الطاقة اللازم إعطاؤها لذرة البوتاسيوم لتنتقل من حالتها الأساسية (f) الى حالة التأين (3)

$$E_i = E_3 - E_f$$

$$E_i = 0 - (-4,34) = 4,34 \text{ eV}$$

2) خلال انتقال ذرة البوتاسيوم من المستوى (2) إلى المستوى (1) ينبعث فوتون طاقته :

$$E = E_2 - E_1$$

أو : $h\dfrac{c}{\lambda} = E_2 - E_1$

ومنه : $\boxed{\lambda = \dfrac{h\ c}{E_2 - E_1}}$

ت.ع : $\lambda = \dfrac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^{8}}{(-1,74 + 2,73) \times 1,6 \cdot 10^{-19}}$

$$\lambda = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\underline{\lambda = 1,25\ \mu \text{m}}$$

ملحوظة : ينتمي هذا الإشعاع الى مجال تحت الحمراء (I.R.) لأن $\lambda > 0,75\ \mu \text{m}$.

3.1 - لنحسب طاقة فوتون الإشعاع الوارد :

$$\boxed{E = h\frac{c}{\lambda}}$$

ت.ع : $E = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \dfrac{3 \cdot 10^{8}}{0,22 \cdot 10^{-6}}$

$$E = 9,03 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

أو : $\underline{E = 5,64 \text{ eV}}$

وحيث طاقة التأين لذرة البوتاسيوم هي : $E_i = 4,34$ eV ، نلاحظ أن طاقة فوتون الإشعاع الوارد كافية لكي تتأين ذرة البوتاسيوم .

3.2 - تتوزع طاقة فوتون الإشعاع الوارد الى طاقة التأين وطاقة حركية E_C يكتسبها الإلكترون المنتزع.

$$E = E_i + E_c$$

ويكون الفرق هو : $\boxed{E_c = E - E_i}$

$$E_c = 5,64 - 4,34$$

$$\underline{E_c = 1,3 \text{ eV}}$$

أو : $\underline{E_c = 2,08 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$

التمرين الخامس

من بين نظائر عنصر الكربون نجد النويدتين $^{14}_{6}C$ و $^{12}_{6}C$.

1) حدد عدد النويات وعدد البروتونات وعدد النوترونات في نواة كل نويدة

2) احسب بالنسبة لنواة النويدة $^{14}_{6}C$:

- النقص الكتلي Δm
- طاقة الربط E_ℓ (بـ MeV)
- طاقة الربط بالنسبة لنوية ع (بـ MeV)

3) احسب بالنسبة لنواة النويدة $^{12}_{6}C$ طاقة الربط بالنسبة لنوية (بـ MeV).

4) استنتج النويدة الأكثر استقرارا.

نعطي : كتلة نواة $^{14}_{6}C$: $m_{14} = 13,999906\ u$

كتلة ذرة $^{12}_{6}C$: $M_{12} = 12\ u$

كتلة البروتون : $m_p = 1,007276\ u$

كتلة النوترون : $m_n = 1,008665\ u$

كتلة الإلكترون : $m_e = 0,000549\ u$

$(1\ MeV = 10^6\ eV)$ $\quad 1\ u = 931,5\ MeV\ .\ c^{-2}$

الحل

1) يمثل العدد الموجود أعلى رمز كل نويدة عدد النويات (بروتونات + نوترونات) (أي A) والعدد الموجود أسفل كل رمز عدد البروتونات (أي Z).

ومنه يكون عدد النوترونات هو $N = A - Z$.

نلخص النتائج في الجدول التالي :

N	Z	A	رمز النويدة
8	6	14	$^{14}_{6}C$
6	6	12	$^{12}_{6}C$

2) النقص الكتلي لنواة النويدة $^{14}_{6}C$ هو :

$$\Delta m = 6\ m_p + 8\ m_n - m_{14}$$

$$\Delta m = (6 \times 1,007276 + 8 \times 1,008665 - 13,999906)\ u$$

$$\Delta m = 0,113\ u$$

طاقة الربط لنواة النويدة $^{14}_{6}C$ هي :

$$E_\ell = \Delta m \cdot c^2$$

$$E_\ell = 0,113 \ u.c^2$$

$$E_\ell = 0,113 \times 931,5 \ MeV \cdot c^{-2} \cdot c^2$$

$$\underline{E_\ell = 105,3 \ MeV}$$

طاقة الربط بالنسبة لنوية في نواة النويدة $^{14}_{6}C$ هي :

$$\gamma = \frac{E_\ell}{14}$$

$$\gamma = \frac{105,3}{14} = 7,52 \ MeV/_{nucléon}$$

3) تحتوي ذرة النويدة $^{12}_{6}C$ على 6 إلكترونات وتكون كتلة نواتها هي :

$$m_{12} = M_{12} - 6\ m_e$$

نستنتج النقص الكتلي لنواة النويدة $^{12}_{6}C$:

$$\Delta m = 6\ m_p + 6\ m_n - m_{12}$$

$$\Delta m = 6\ m_p + 6\ m_n - (M_{12} - 6\ m_e)$$

طاقة الربط بالنسبة لنوية في نواة النويدة $^{12}_{6}C$ هي :

$$\gamma = \frac{E_\ell}{12}$$

$$\boxed{\gamma = \frac{\Delta m\ c^2}{12}}$$

ت.ع :

$$\Delta m = (6 \times 1,007276 + 6 \times 1,008665 - 12 + 6 \times 0,000549)\ u$$

$$\Delta m = 0,0989\ u$$

$$\gamma = \frac{0,0989\ u.c^2}{12}$$

$$\gamma = \frac{0,0989 \times 931,5}{12} MeV \cdot c^{-2} \cdot c^2$$

$$\underline{\gamma = 7,68\ MeV}$$

4) النويدة الأكثر استقرارً هي $^{12}_{6}C$ لأن :

$$\gamma(^{12}_{6}C) > \gamma(^{14}_{6}C)$$

التمرين السادس

يتفتت البولونيوم $^{210}_{84}Po$ تلقائيا ليعطي نويدة الرصاص $^{A}_{Z}Pb$ مع انبعاث نوى الهيليوم $^{4}_{2}He$ (دقيقة α)

1) اكتب المعادلة الحصيلة لهذا التفتت.

2) احسب بـ (MeV) و بـ (J) الطاقة الناتجة عن تفتت نواة من البولونيوم 210

3) أثناء هذا التفتت نلاحظ انبعاث دقائق α بطاقة حركية $E_{c_1} \approx 5,4\ MeV$ ودقائق α بطاقة حركية $E_{c_2} = 5,32\ MeV$ وفوتونات γ لها نفس طول الموجة λ.

- 3.1 على أي شكل تتحول الطاقة الناتجة عن تفتت نوى البولونيوم 210 ؟
ما مصدر الفوتونات γ ؟

- 3.2 احسب طاقة الفوتون γ واستنتج طول موجته.

نعطي :

- كتلة نواة ^{210}Po : 209, 9368 u
- كتلة نواة ^{206}Pb : 205, 9295 u
- كتلة الدقيقة α : 4, 0015 u
- $1\ u = 931,5\ MeV.c^{-2}$ و $1\ eV = 1,6.10^{-19}\ J$
- $h = 6,62.10^{-34}\ J.s$ و $c = 3.10^{8}\ m.s^{-1}$

نهمل الطاقة الحركية للنواة المتولدة.

الحل

1) لدينا : $^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{A}_{Z}Pb + {}^{4}_{2}He$

نطبق قانون انحفاظ الشحنة فنكتب :

$$84 = Z + 2$$

ومنه : $\boxed{Z = 82}$

نطبق قانون انحفاظ العدد الإجمالي للنويات فنكتب :

$$210 = A + 4$$

ومنه : $\boxed{A = 206}$

فتكون معادلة التفاعل هي :

$$^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$$

2) الطاقة الناتجة عن تفتت نواة $^{210}_{84}Po$ هي :

$$E = [m(^{210}Po) - m(^{206}Pb) - m(\alpha)]\, c^2$$

$$E = [209,9368 - 205,9295 - 4,0015]\ u.c^2$$

$$E = (5,8 \,.\, 10^{-3}) \times 931,5\ MeV \,.\, c^{-2} \,.\, c^2$$

$$\underline{E = 5,4\ MeV}$$

لدينا :
$$1\ eV = 1,6 \,.\, 10^{-19}\ J$$

و :
$$1\ MeV = 10^6 \,.\, 1,6 \,.\, 10^{-19}$$

$$1\ MeV = 1,6 \,.\, 10^{-13}\ J$$

إذن :
$$E = 5,4 \times 1,6 \,.\, 10^{-13}$$

$$\underline{E = 8,64 \,.\, 10^{-13}\ J}$$

3.1 - نلاحظ أن :

— $E_{c_1} \approx E$ فنستنتج أن الطاقة الناتجة عن تفتت بعض النوى تُحوّل الى طاقة حركية للدقائق α.

— $E_{c_2} < E$ مع انبعاث فوتونات γ فنستنتج أن الطاقة الناتجة عن تفتت النوى الأخرى تُحوّل الى طاقة حركية للدقائق α والى طاقة كهر مغناطيسية تحملها الفوتونات γ.

- مصدر الإشعاع γ :

في بعض الأحيان توجد النواة المتولدة ^{206}Pb في حالة إثارة، فينتج عن انتقالها الى حالتها الأساسية (حالة الإستقرار) انبعاث فوتون γ.

3.2 - حسب قانون انحفاظ الطاقة نكتب :

$$E = E_{c_2} + E_{\gamma}$$

ومنه :
$$E_{\gamma} = E - E_{c_2}$$

أو :
$$\boxed{E_{\gamma} = E_{c_1} - E_{c_2}}$$

$$E_{\gamma} = 5,4 - 5,32 = 0,08\ MeV$$

لدينا :
$$E_{\gamma} = h\frac{c}{\lambda}$$

ومنه :
$$\boxed{\lambda = \frac{h\,c}{E_{\gamma}}}$$

ت.ع :
$$\lambda = \frac{6,62 \,.\, 10^{-34} \times 3 \,.\, 10^8}{0,08 \,.\, 10^6 \times 1,6 \,.\, 10^{-19}}$$

$$\underline{\lambda = 1,55 \,.\, 10^{-11}\ m}$$

$$\underline{\lambda = 15,5\ pm} \quad (1\ pm\ (\text{بيكومتر}) = 10^{-12}\ m)$$

التمويـن السابع

نويدة البزموت $^{210}_{83}Bi$ إشعاعية النشاط β^- دورها T يساوي 5 أيام. نتوفر في لحظة تاريخها $t = 0$ على عينة من البزموت 210 كتلتها $m_0 = 8\ g$. تعطي العلاقة $m = m_0\, e^{-\lambda t}$ كتلة البزموت 210 المتبقية عند لحظة تاريخها t.

1) اكتب المعادلة الحصيلة لهذا التفتت.

2) ما مصدر الإشعاع β^- ؟

3) أثبت العلاقة التي تربط الثابتة λ بالدور T. احسب λ بـ j^{-1} و بـ s^{-1}.

4) أوجد بعد مرور 15 يوما الكتلة المتبقية والكتلة المتفتتة من البزموت 210.

نعطي مقتطفا من الجدول الدوري للعناصر الكيميائية :

البولونيوم : $_{84}Po$

الرصاص : $_{82}Pb$

التاليوم : $_{81}T\ell$

الحـــل

1) أثناء التفتت β^- تعطي النواة الأصلية $^{210}_{83}Bi$ نواة متولدة $^{A}_{Z}Y$ ودقيقة β^- (إلكترون رمزه $^{0}_{-1}e$) وضديد النوترينو $^{0}_{0}\bar{\nu}$

$$^{210}_{83}Bi \longrightarrow {}^{A}_{Z}Y + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

تنحفظ الشحنة الكهربائية فنكتب :

$$83 = Z + (-1) + 0$$

ومنه : $\boxed{Z = 84}$

ينحفظ العدد الإجمالي للنويات فنكتب

$$210 = A + 0 + 0$$

ومنه: $\boxed{A = 210}$

فتكون النواة المتولدة هي : $^{210}_{84}Po$ (البولونيوم 210)

2) مصدر الإشعاع β^- هو تحول نوترون الى بروتون وإلكترون مع انبعاث ضديد النوترينو :

$$^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

3) عند التاريخ $t = T$ تتفتت نصف كتلة العينة البدئية فتكون كتلة البزموت المتبقية هي :

$$m = m_0 - \frac{m_0}{2} = \frac{m_0}{2}$$

نطبق العلاقة $m = m_0 e^{-\lambda t}$ عند $t = T$ فنكتب :

$$\frac{m_0}{2} = m_0 e^{-\lambda T}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$$

$$Ln\frac{1}{2} = Ln(e^{-\lambda T})$$

$$-Ln2 = -\lambda T$$

ومنه :

$$\boxed{\lambda = \frac{Ln2}{T}}$$

ت.ع. :

$$\lambda = \frac{Ln2}{5}$$

$$\lambda = 0,139\, j^{-1}$$

أو :

$$\lambda = \frac{0,139}{24 \times 3600}$$

$$\lambda = 1,61 \,.\, 10^{-6}\, s^{-1}$$

4) نطبق العلاقة عند $t = 15\, j$ فنجد كتلة البزموت المتبقية.

$$m = 8\, e^{-0,139 \times 15}$$

$$m = 1\, g$$

كتلة البزموت 210 المتفتتة هي :

$$m' = m_0 - m$$

$$m' = 8 - 1$$

$$m' = 7\, g$$

التمرين الثامن

تترجم العلاقة التالية قانون التناقص الإشعاعي لعينة من مادة مشعة :

$$N = N_0\, e^{-\lambda t}$$

1) ماذا يمثل كل من N_0 ، N و λ ؟

2) بين أن تعبير نشاط العينة المشعة في لحظة t هو :

$$a = \lambda N_0\, e^{-\lambda t}$$

ماذا يمثل الجداء λN_0 ؟

3) النويدة ${}^{13}_{7}N$ نظير مشع لعنصر الأزوت وهي تتفتت مع انبعاث الدقائق β^+.

عند لحظة نعتبرها أصلا للتواريخ يساوي نشاط عينة من الأزوت 13 : $a_0 = 4 \,.\, 10^{14}\, B_q$

3.1 - تعرف من خلال الجدول الدوري للعناصر الكيميائية على العنصر الذي تنتمي اليه النويدة المتولدة.

3.2 - احسب عند $t = 0$ عدد نوى الأزوت 13 في العينة.

3.3 - احسب عند $t = 20\ min$ عدد نوى الأزوت 13 المتفتتة.

3.4 - أوجد التاريخ الذي يكون فيه نشاط العينة هو $\frac{a_0}{10}$.

نعطي الدور الإشعاعي لـ ^{13}N : $T = 10\ min$

الحل

1) يمثل :

— N_0 : عدد نوى العينة من المادة المشعة عند $t = 0$.

— N : عدد النوى غير المتفتتة عند لحظة t.

— λ : ثابتة إشعاعية تميز النويدة المشعة.

2) نشاط العينة المشعة هو :

$$a = -\frac{dN}{dt}$$

$$a = -\frac{d}{dt}(N_0 e^{-\lambda t})$$

$$a = -(-\lambda) N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\boxed{a = \lambda N_0 e^{-\lambda t}}$$

عند $t = 0$ نجد : $a_0 = \lambda N_0 e^{-\lambda . 0}$

$$a_0 = \lambda N_0$$

فنستنتج أن الجداء (λN_0) هو نشاط العينة المشعة عند $t = 0$.

3) 3.1 - الدقيقة β^+ هي بوزيترون رمزه : $^{0}_{1}e$ ، ليكن $^{A}_{Z}X$ رمز النويدة المتولدة ، نكتب :

$$^{13}_{7}N \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{1}e + {}^{0}_{0}\nu$$

نطبق انحفاظ عدد الشحنة فنجد :

$$\boxed{Z = 6}$$

من خلال الجدول الدوري للعناصر الكيميائية نستنتج أن العنصر الذي عدد شحنته $Z = 6$ هو عنصر الكربون.إذن تنتمي النويدة المتولدة إلى عنصر الكربون.

3.2 - لدينا : $a_0 = \lambda N_0$

و $\lambda = \frac{Ln 2}{T}$

إذن :

$$a_0 = \frac{Ln\,2}{T} N_0$$

ومنه :

$$\boxed{N_0 = \frac{T \cdot a_0}{Ln\,2}}$$

ت.ع :

$$N_0 = \frac{10 \cdot 60 \cdot 4 \cdot 10^{14}}{Ln\,2}$$

$$\underline{N_0 = 3,46 \cdot 10^{17}}$$

3.3 - نطبق العلاقة $N = N_0\, e^{-\lambda t}$ لتحديد عدد النوى غير المتفتتة عند $t = 20$ min :

$$N = 3,46 \cdot 10^{17}\, e^{-\frac{Ln\,2}{10} \cdot 20}$$

$$N = 3,46 \cdot 10^{17} \cdot 0,25$$

$$N = 8,65 \cdot 10^{16}$$

عدد النوى المتفتتة عند نفس التاريخ هو :

$$N' = N_0 - N$$

$$N' = 3,46 \cdot 10^{17} - 8,65 \cdot 10^{16}$$

$$\underline{N' \approx 2,6 \cdot 10^{17}}$$

3.4 - نطبق العلاقة : $a = \lambda N_0\, e^{-\lambda t}$

أو $a = a_0\, e^{-\lambda t}$ (مع $a_0 = \lambda N_0$)

نضع $a = \frac{a_0}{10}$ فنجد :

$$\frac{a_0}{10} = a_0\, e^{-\lambda t}$$

ومنه :

$$\frac{1}{10} = e^{-\lambda t}$$

$$Ln\left(\frac{1}{10}\right) = Ln\,(e^{-\lambda t})$$

$$-Ln\,10 = -\lambda t$$

$$t = \frac{Ln\,10}{\lambda}$$

لدينا : $\lambda = \frac{Ln\,2}{T}$ إذن :

$$\boxed{t = \frac{Ln\,10}{Ln\,2} \cdot T}$$

$$t = \frac{Ln\,10}{Ln\,2} \cdot 10$$

$$\underline{t = 33,2 \text{ min}}$$

التمرين التاسع

في مفاعل نووي، نقذف نوى الأورانيوم $^{235}_{92}U$ بنوترونات بطيئة فنحصل على عدة انشطارات نووية من بينها نجد :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{140}_{54}X_e + ^{A}_{Z}Sr + 2\,^{1}_{0}n \quad \text{(1) التفاعل}$$

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{148}_{57}La + ^{85}_{Z'}Br + x\,^{1}_{0}n \quad \text{(2) التفاعل}$$

1) عرف الإنشطار النووي.

2) حدد Z ، Z' ، A و x.

3) احسب بـ (MeV) الطاقة المحررة عند انشطار نواة من الأورانيوم 235 وفق المعادلة (1) علما أننا نلاحظ خلال هذا التفاعل نقصانا في الكتلة يقدر بـ $\delta m = 21,5 \,.\, 10^{-2}\,u$.

4) احسب بـ (MJ) الطاقة المحررة في حالة انشطار كتلة m = 1 g من الأورانيوم 235 وفق المعادلة (1).

نعطي : $1\,u = 931,5\ MeV \,.\, c^{-2}$

نقبل أن الكتلة المولية لنظير $(^{A}_{Z}X)$ هي: $M(^{A}_{Z}X) = A\ (g.mol^{-1})$

عدد أفوكادرو : $N = 6,02 \,.\, 10^{23}$

$1\ eV = 1,6 \,.\, 10^{-19}\ J$

الحـل

1) الإنشطار النووي هو تشظية نواة عند تصادمها بقذيفة نووية التي غالبا ما تكون نوترونا ويحدث الإنشطار النووي غالبا بالنسبة للنوى الثقيلة (A > 200)

2) تنحفظ الشحنة فنكتب :

- بالنسبة للتفاعل (1) : $92 + 0 = 54 + Z + 2 \,.\, 0$

$$\boxed{Z = 38}$$

- بالنسبة للتفاعل (2) :

$$92 + 0 = 57 + Z' + x \,.\, 0$$

$$\boxed{Z' = 35}$$

ينحفظ عدد النويات فنكتب :

- بالنسبة للتفاعل (1) :

$$235 + 1 = 140 + A + 2 \,.\, 1$$

$$\boxed{A = 94}$$

- بالنسبة للتفاعل (2) :

$$235 + 1 = 148 + 85 + x . 1$$

$$\boxed{x = 3}$$

3) الطاقة المحررة عند انشطار نواة من الأورانيوم 235 وفق المعادلة (1) هي :

$$E = [m(^{235}U) + m(n) - m(^{140}Xe) - m(^{94}Sr) - 2\,m(n)]\,c^2$$

أي :

$$E = \delta m\, c^2$$

$$E = 21,5 . 10^{-2}\, u . c^2$$

$$E = 21,5 . 10^{-2} . 931,5\, MeV . c^{-2} . c^2$$

$$\underline{E \approx 200\, MeV}$$

4) الكتلة المولية للأورانيوم 235 هي :

$$M(^{235}U) = 235\, g . mol^{-1}$$

كتلة ذرة من الأورانيوم 235 هي :

$$m(^{235}U) = \frac{M(^{235}U)}{N}$$

$$m(^{235}U) = \frac{235}{6,02 . 10^{23}}$$

$$\underline{m(^{235}U) = 3,903 . 10^{-22}\, g}$$

نبكون عدد الذرات في $m = 1\,g$ من الأورانيوم 235 هو :

$$n = \frac{m}{m(^{235}U)}$$

$$n = \frac{1}{3,903 . 10^{-22}}$$

$$\underline{n = 2,56 . 10^{21}}$$

وتكون الطاقة المحررة E_T هي :

$$E_T = n\,E$$

$$E_T = 2,56 . 10^{21} . 200\, MeV$$

$$E_T = 5,12 . 10^{23}\, MeV$$

$$E_T = 5,12 . 10^{23} \times 10^{6} \times 1,6 . 10^{-19}\, J$$

$$\underline{E_T = 81920\, MJ}$$